



الاكتشافات الكبيرة

سلسلة من كل علم خبر

(٢١)

العالم يُبدّل معالم وجهه

• سلسلة البرد

• أديسن والمصباح الكهربائي

• من الفونوغراف الحاك إلى الأليكتروفون

مكتبات مكتبة سميث

شارع غورو - بيروت

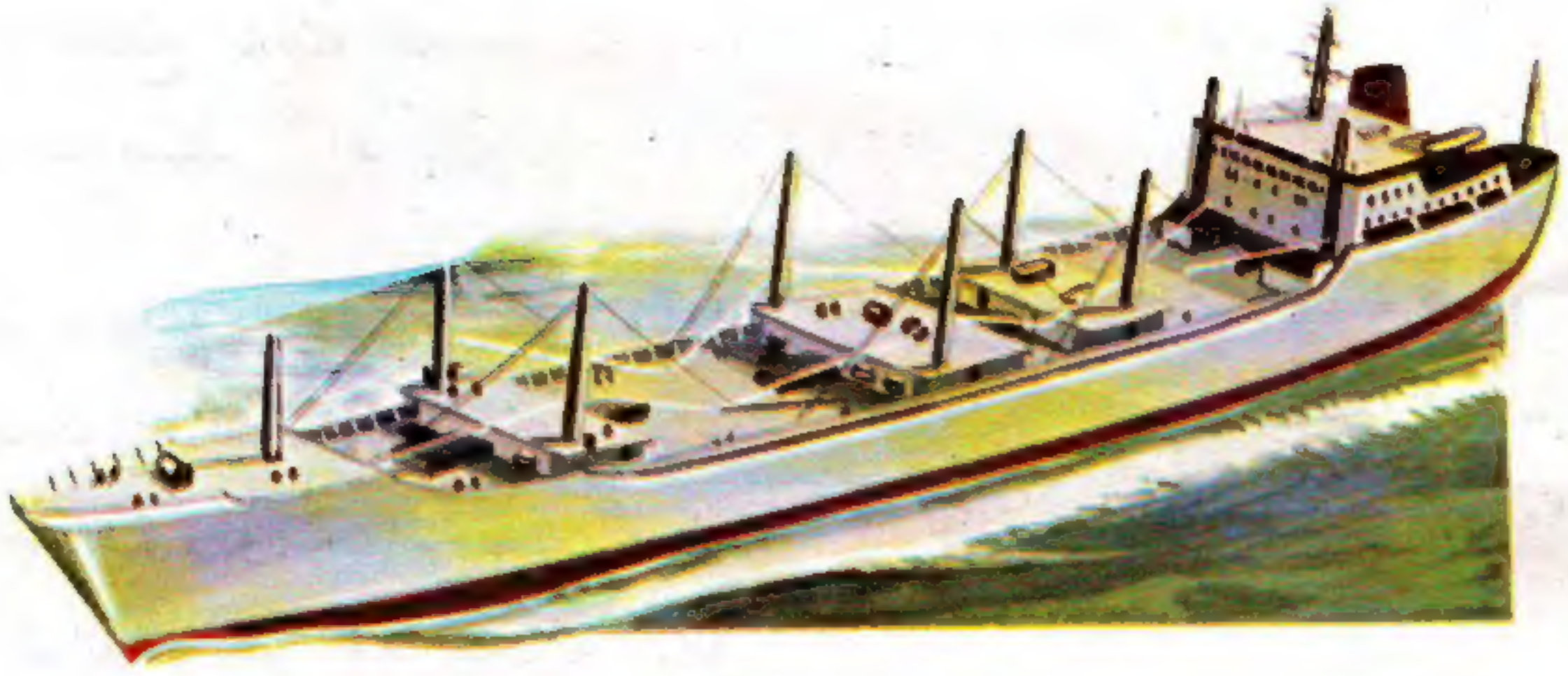
تلفون ٢٣٨١٨١-٢٢٦٠٨٥

Les Grandes Inventions

F. Lot

Librairie Hachette





سفينة شحن مبرّدة ضخمة ، من بناء «أحواض الأطلسي» .

تلك هي نماذج من أهم وسائل النقل المبرّد الحديثة ،
التي تعمل في العالم ، على طرق الجو والبر والبحر ،
في سلسلة عالمية متماسكة الحلقات ، نفيذ منها كلنا ،
وقد اختتمها ، منذ ما يقارب القرن ، مخترع عنيده هو
«شارل تيليه» .

سلسلة البرّد

عُرِفَت فضائل التبريد والتجمّد الطبيعيين
منذ أقدم العصور؛ ولجئنا إلى التبريد
والتجميد أحياناً ، للمحافظة على بعض
المنتجات السريعة التلف^٢ . ولكن المهندسين
الفرنسيين «شارل تيليه» (١٨٢٨ - ١٩١٣) ،
هو أول من فكّر باستعمال البرودة الجافة ،
البالغة درجة الصفر المئويّة ، استعمالاً
منطقياً علمياً ، بُغية المحافظة على المواد

الغذائية ؛ فافتتح بذلك صناعة التبريد ،
التي كُتِبَ لها مُستقبلٌ زاهرٌ كبير .

إهتمَّ « تيلييه » أوّل الأمر ، ونزولاً
عند إرشادات المحافظ « هوسمن » ، بدراسة
البرودة الصناعية ، واستعمالها لصنع الجليد
الصالح للمائدة . ثمّ قام بتجربة النقل
الأولى ، على متن السفينة^٣ الانكليزية « سبي
أف ريو دي جنيرو » ، حيث شحن قطعاً
من اللحم ، في غرفة كانت تبرّدها آلة
تعتمدُ روحَ النشادر ، وكان قد وضع
تصميمها بنفسه . حافظ اللحم المشحون
على جودته ، سحابة ٢٣ يوماً من السفر
في البحر ؛ إلا أنّ حادثاً ميكانيكياً قطع

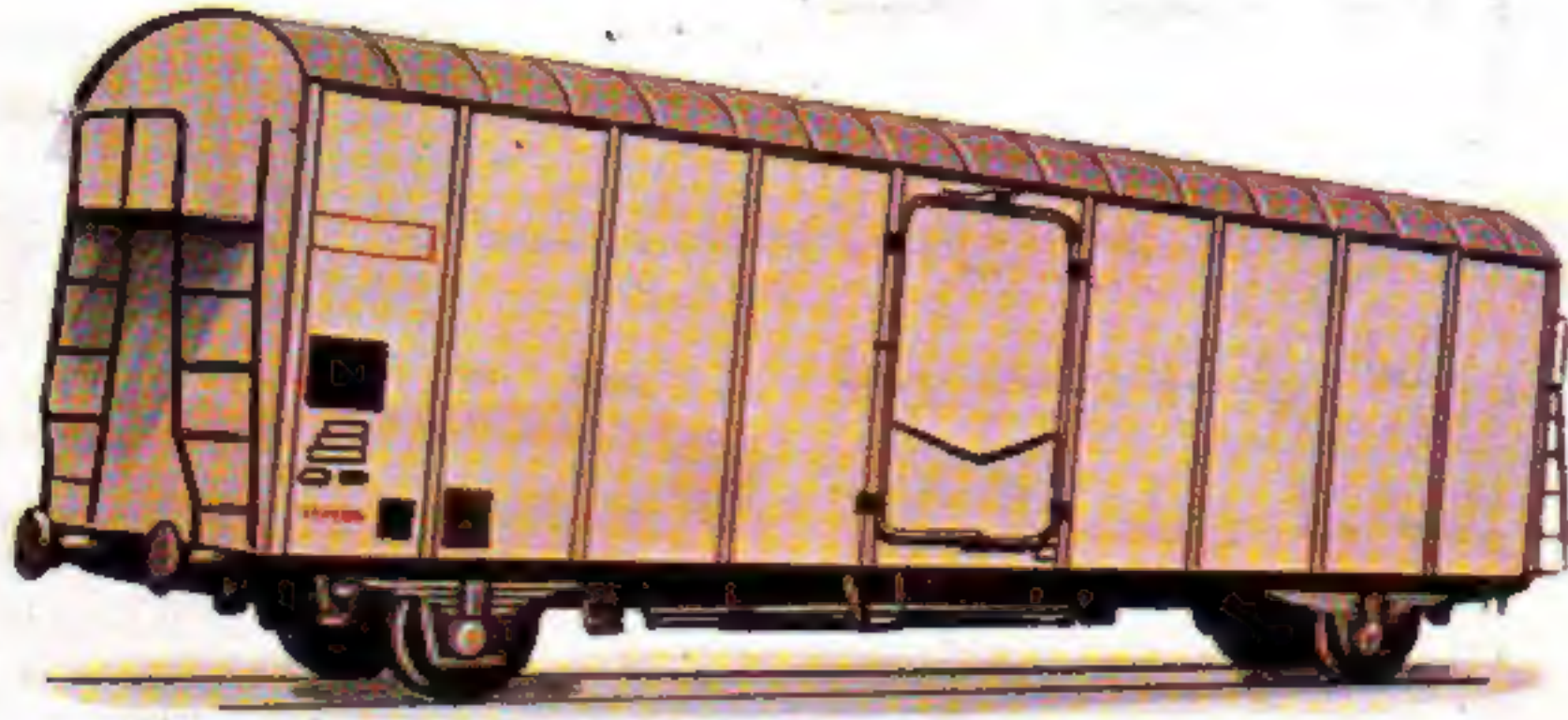
سفينة صيد مبرّدة .

حبل الاختبار ، ففسد اللحم وألقي في
البحر . جرّ ذلك على « تيلييه » كارثة
مالية فادحة ، إذ لاحقه الدائنون ، فثُل
أمام القضاء ، وحُكِمَ عليه بالسجن ،
وحبسَ ثمانية أشهر ، في « سانت - بيلاجي »

ولكنّ صاحب الاختراع لم يعتبر
نفسه فاشلاً مهزوماً ؛ فقد اشترى في
« غيلاسكو » ، عام ١٨٧٦ ، وبفضل
المساعدات التي تمكّن من جمعها ، سفينة
شحن ذات مروحة ، وسماها « البراد »
(LE FRIGORIFIQUE) . فغلّف جسم
السفينة بغلاف عازل ، وركّب فيها جهازين
مبرّدين ، وقرّر أن ينقل فيها اللحوم الطازجة
الى أميركا الجنوبيّة ، وأن يعود بغيرها إلى
فرنسا .



مقطورة مبرّدة ضخمة ، تقطّرها شاحنة من شاحنات
طرق البرّ .



عربة مبرّدة من عربات القطارات الحديدية .

غادرت السفينة « البراد » ، مدينة « رُوان » ، في ٢٠ أيلول ، وعلى متنها عشرة ثيران مقطّعة ، واثنان عشر خروفاً مسلونخاً ، وعجلان ، وخنزير ، وخمسون طيراً . كانت هذه الحمولة مخزونة في غرفٍ مبرّدة ، درجة البرودة فيها تراوح بين الصفر وثلاث درجات تحت الصفر . كانت هذه السفرة ستطول أكثر من السفرة السابقة ، فزاد في طولها توقّف دام عدّة أسابيع في « لشبونة » ، وقد دعت إليه ضرورة تصليح عطل طراً على الموقد . فلم تبلغ السفينة « بونس أيرس » إلا بعد ثلاثة أشهر ، ولكنّ اللحوم التي أنزلتها في المرفأ ، كانت لا تزال على أحسن حال .

بقي على « تيلييه » أن يواجه الاختبار المعاكس . فحلاً مخزن سفينته لحماً ، وعاد فقطع المحيط الأطلسي ؛ فتوقّف في « دكار » ثم عاد الى المرفأ الذي كان قد أبحر منه . أمّا الحمولة ، فبقيت نظيفة سليمة ؛ لم يفسد منها إلا قطعتان ، وذلك بسبب إهمال المسؤول . وهكذا نجحت التجربة نجاحاً كاملاً !

بعد سنة ، أعيدت التجربة على سفينة أخرى ، فكلّلت بنجاح أسطع وأحسم ، سيّما وأنّ الرحلة قد استغرقت ما لا يقلّ عن ثمانية أشهر .

كان « تيلييه » قد إصطدم أول الأمر باللامبالاة أو بالشك ؛ أمّا الآن ، فقد

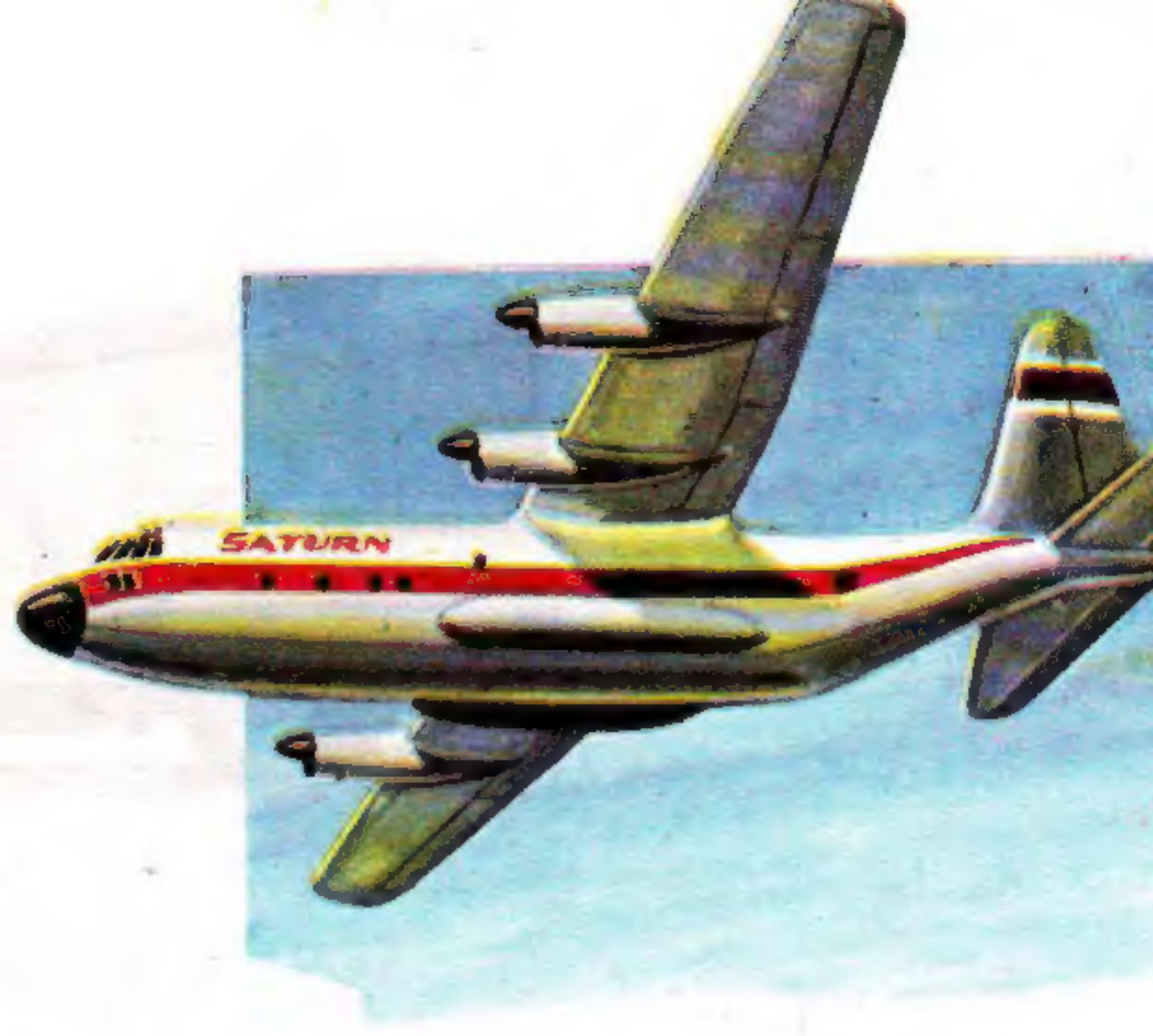
سمعة « السفينة البرّاد » .

إلا أنّ ذلك لم يمنع الفكرة من أن
تسير مسيرتها في العالم . فنذ سنة ١٩١٠ ،
كان الاسطول البريطاني يملك ثلاث مئة
سفينة مبرّدة . وقبل ذلك بستين ، وبمناسبة
انعقاد مؤتمر البرودة الأول ، في باريس ،
وفي جامعة السربون بالذات ، كان شارل
تيليه البالغ من العمر ثمانين سنة ، قد
كرّم ونوّدِي به « أبا التبريد » ...

أمّا اليوم ، فقد انضمّ الى السفن
المبرّدة التي لا يُحصيها عدد ، عربات
السكك الحديدية ، والشاحنات ، وحتى
الطائرات المبرّدة ، وكلّ منها حلقة من
حلقات « سلسلة البرودة » الضخمة ، التي
نفيد منها كلّ يوم .

الأسئلة

- ١- مَنْ هو أوّل مَنْ فكّر بصناعة التبريد ؟
- ٢- ماذا صنع « تيليه » بالبرودة أولاً ؟
- ٣- بأيّ مادة كان يستعين لتوليد البرودة ؟
- ٤- لماذا فسد اللحم المنقول في سفينة « سيتي أف ريو دي
جنيرو » ؟
- ٥- ماذا جرّ عليه فشله هذا ؟
- ٦- هل نجحت محاولته الثانية ؟ صفها .
- ٧- لماذا حاربه مربّو الماشية في فرنسا ؟
- ٨- أيّة وسائل يعتمد النقل المبرّد ، اليوم ؟



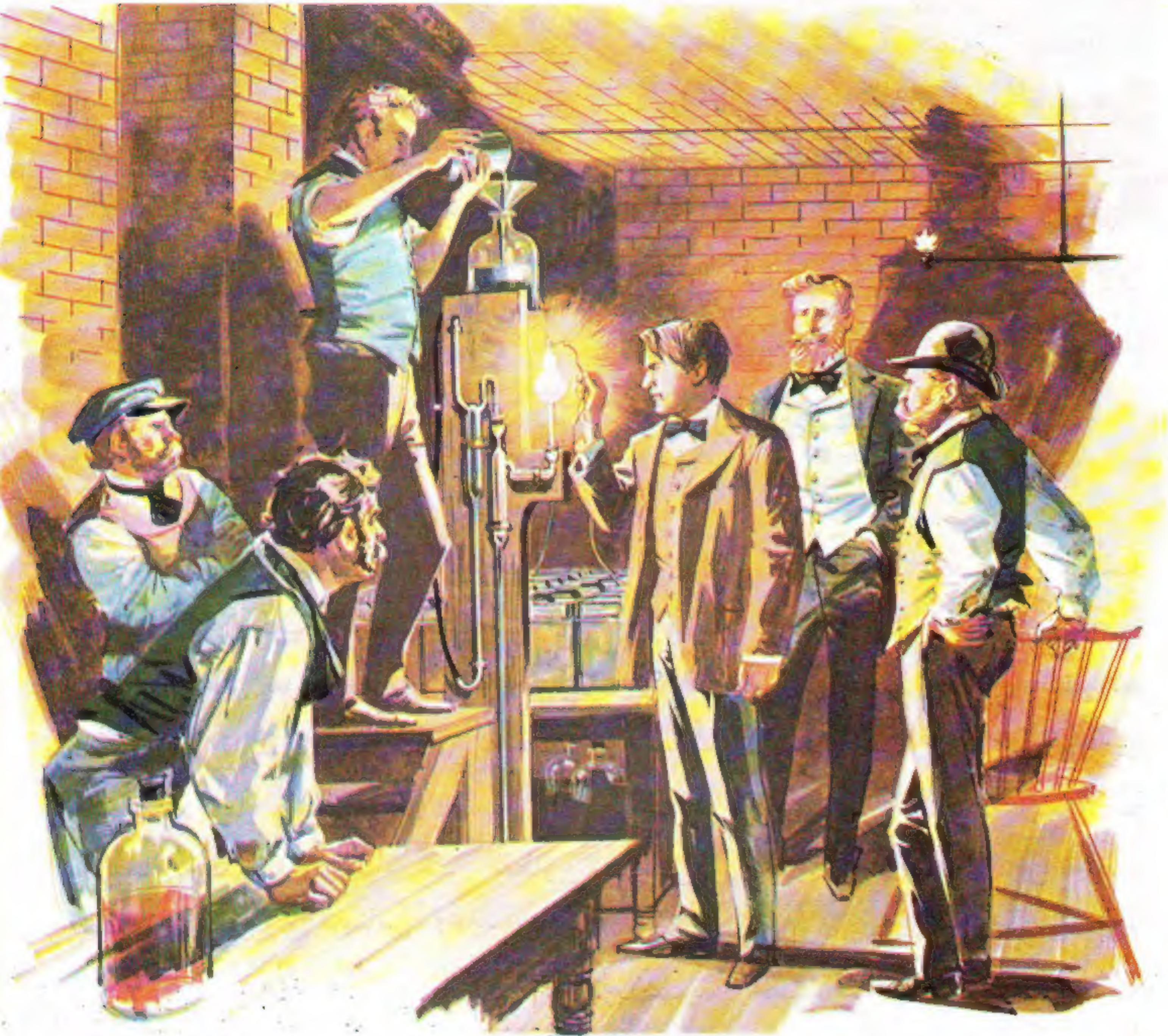
طائرة الشحن « هرقل » ، التي تنقل الصناديق
المبرّدة .

باتّ عليه أن يواجه قلق مربّي الماشية
ومعارضتهم : فقد كانوا يتساءلون عن
مصير ماشيتهم ، بعدما صار بإمكان
الاميركتين والبلاد الأخرى كلّها ، أن تُمَوّنَ
فرنسا باللحم . ولذا ، حاولوا أن يشوّهوا^٧

التفسير

- ١- التجمّد : تحوّل الجسم السائل (الماء) أو الطريء
(اللحم) الى جامد ، بفعل البرودة .
- ٢- السريع التلف : السريع الفساد .
- ٣- متن السفينة : ظهر السفينة .
- ٤- كارثة فادحة : خسارة عظيمة .
- ٥- غلاف عازل : غلاف يمنع انتقال الحرارة .
- ٦- نجاح حاسم : نهائي ؛ أحسم : أكمل .
- ٧- شوّه الشيء : بشّعه .

أديسون والمصباح الكهربائي



بعدَ عددٍ لا يُحصى من التجارب التي قام بها على موادَّ مختلفة غاية الاختلاف ، تمكَّن أديسون ، في ٢١ تشرين الأول ، من إنارة المصباح المتوهج الأول ، ذي الخيط القطني .

يُعتبر « توماس أديسون » (١٨٤٧ - ١٩٣١) نموذج المخترع العبقرى الأمل ، ونموذج الرجل العصامى الأمريكى . هو ابن رجل هولندى الأصل ، كان يتاجر بالسلع المستعملة . أمّا ثقافته الأولى ، فكانت تقف عند بعض مبادئ الأدب والحساب التى أخذها عن أمّه ، التى كانت قد تعاطت^٣ مهنة التعليم .

فى الثانية عشرة من عمره ، عمل بائعاً للصحف فى القطارات ؛ ولقد أفاد من القسم الذى وُضع تحت تصرفه فى العربّة ، لتعاطي تجارة الثمار والخضار ، ممّا وفرّ له إمكانيّة شراء الكتب . فراح يكتهمها^٤ واحداً بعد واحد . ثمّ إنّه حصل على مطبعة قديمة زهيدة^٥ الثمن ، فأنشأ صحيفة دعاها « ويكلي هيرالد » ، كان يحرّرها^٦ ويطبّعها فى أثناء سفر القطار ، فيتلقّفها^٧ المسافرون بحماس وشغف .

وما لبثت عربته أن صارت مختبراً للكيمياء . إلّا أنّ اختباراً فاشلاً مشؤوماً سبّب احتراقها ؛ فغضب رئيس القطار ،

وطرد الولد ، وصفعه صفعةً بلغت من العنف حدّاً أفقده السَّمْع طوال حياته ... عاد « أديسون » الى البيت الأبويّ حيثُ تابع إصدار صحيفته . فاستحالت نشرة لاذعة النبرة كان يُصدرها تحت اسم « بول براى » . إلّا أنّ بعض الفضائح التى نُشرت فيها ، أثارت عليه حفيظة^٨ أحد الغاضبين ، فرماه فى النهر . كان ذلك كافياً لحمله على تطليق الصحافة ... وكان هذا الطلاق من حظّ التقنيّة !

زاوّل « أديسون » عملَ موظّف البرقيّات ؛ فأثارت مسائلُ الإتّصال السلكيّ اهتمامه الى أقصى حدّ ، فاخترع التلغراف « ديلكس » . وما لبث أن اغتنى ، فعين مهندساً فى عدد من الشركات الهامّة . ثمّ أسّس فى مدينة « أورانج » ، من أعمال « نيو جيرسي » ، مصنع « مينلو بارك » الشهير ، حيث ستلاحق اختراعاته ، فيُسجّل ما يُقارب ألفاً وخمسمئة براءة^٩ مختلفة تتّصل ، بخاصّة ، بأجهزة التلغراف والحاكي (الفونوغراف) ، والمصباح

متوهّجة ، فأسِف لفحمتيها اللتين كانتا
تدوبان بسرعة . إعتقد أنه يستطيع منع
التيار من استنفاد قوّته ، في مثل قوسِ
النار هذه ، بتجزئته وإرساله الى مجموعة
من المصابيح المفرّغة من الهواء ، حيث
يستطيع أن يُحمّي جسماً ملائماً ، فيجعله
مُنيراً بالتوهّج . بقي عليه ، انطلاقاً من هنا ،
أن يجد ذاك الجسم .



ساحة الأوبرا في باريس ، وقد أنارتها الكهرباء سنة ١٨٨٠ .
بفضل هذا النور الجديد ، سيتغيّر في العالم وجه المدن الليلي ،
كما ستتغيّر شروط الحياة .

استبعد أديسون البلاتين ، نظراً لغلائه ،
وعمد الى كربنة كل ما كان يقع تحت
يده وتجربته ، وذهب به الأمر حتى
الى تجربة شعرات من لحية أحد مساعديه ...
أخيراً ظهر له أن ألياف الخيزران كانت
تمدّ في حياة المصباح مدّاً ملحوظاً ،
فيشعّ سحابة ٤٠ ساعة متواصلة .

المتوهّج ... هل تعلم مثلاً ، أننا ندين له
بفضل اختراع الورق المشمع الذي تُلَفُّ
به المأكولات والمعلوكات ؟ بالإضافة الى
ذلك سيكتشف العالم الفيزيائي « النتيجة
أديسون » ، وقوامها أن المعادن المتوهّجة
تُطلق الالكترونات ؛ وسيكون هذا الاكتشاف
أساساً « لمصباح ديود » ...

في ٤ أيلول ١٨٨٢ ، رُكّب أول
خط فرعي لتوزيع الكهرباء في « نيويورك » ،
فكان من حظّ أحياء « وول ستريت »
و« إيست رايفر » ، التي أنارتها مصابيح
ساحر « منلو بارك » ، ذات الاسلاك

أما المصباح الكهربائي ، فقد كان
« أديسون » يحلم به ، منذ ما رأى عند أحد
معدّني « كونيكتكوت » ، قوساً فلطيّة رائعة

الفحمية .



وسرعان ما انتشر المصباح الكهربائي المتوهج في العالم بأسره ! وسرعان ما تطور وتحسن ، باستعمال خيوط « التنجستين » ، وباللجوء الى جو من الغازات الخاملة : كالآزوت ، ومزيج الأرجون والآزوت ، أو الكربتون .

أحد مصاييح ساحر « مينلو بارك » الأولى .

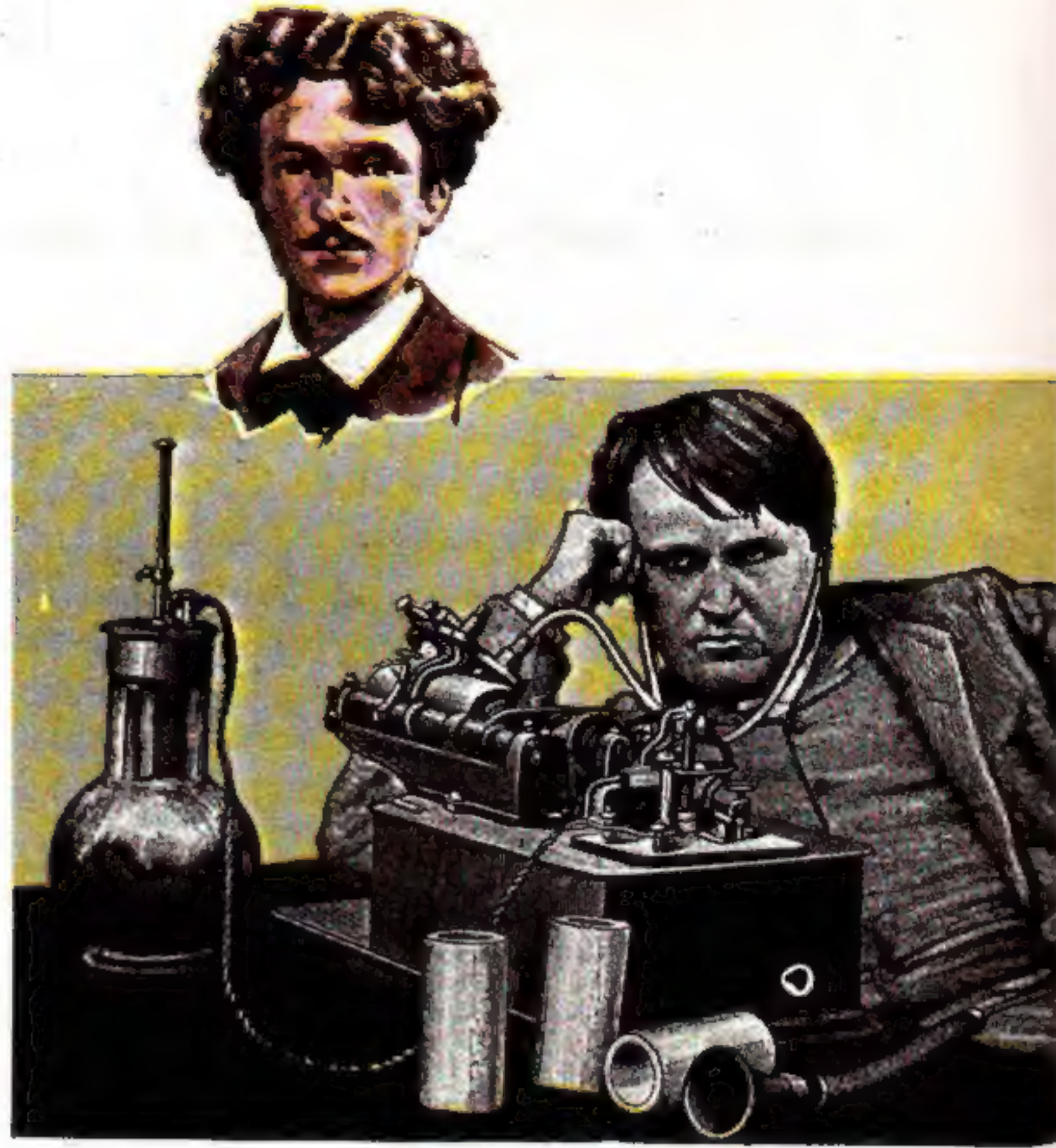
الأسئلة

- ١- لماذا يُعتبر أديسون رجلاً عصامياً .
- ٢- ماذا عرفت عن والدي أديسون ؟
- ٣- ماذا عمل أديسون في صباه الأول ؟
- ٤- كيف تنوّعت أعماله ؟
- ٥- كيف فقد سمعه ؟
- ٦- كيف طلق الصحافة ؟
- ٧- أي رقم بلغ عدد اختراعاته ؟
- ٨- كيف خطرت له فكرة المصباح المتوهج .
- ٩- كيف حقق المصباح ؟ ومتى ؟
- ١٠- كيف طوّر المصباح الكهربائي ، وتنوع ؟

التفسير

- ١- النموذج الأمثل : المثال الأفضل .
- ٢- الرجل العصامي : الذي يبني نفسه بنفسه .
- ٣- تعاظم مهنة : زاول عملاً .
- ٤- إلتهم : أكل بجشع ، قرأ بسرعة .
- ٥- زهيدة الثمن : قليلة الثمن .
- ٦- يُحرّر الصحيفة : يكتبها .
- ٧- تلقّف الشيء : تناوله بخفة .
- ٨- أثار حفيظته : أثار غضبه .
- ٩- براءة : شهادة بتسجيل اختراع .
- ١٠- استنفد الشيء : استهلكه .

من الفونوغراف المحاكى الى الكتروفون



تلقف الكلام الحي والموسيقى ، وحفظهما
واحياؤهما عند الطلب : حلم راود الانسان
منذ القدم ... لقد حلم المخترع الخيالي
« سيرانودي برجراك » ، في القرن السابع
عشر ، بصفحات تمر عليها ابرة ساحرة
فتعيد ما ارتسم عليها من أصوات . لم
تكن تلك إلا فكرة أطلقت في الهواء ،
إلا أنها سارت مسيرتها ، فتمكن الفيزيائي
الانكليزي « توماس يانغ » ، عام ١٨٠٧
من تسجيل الاهتزازات الصوتية على وجه
اسطوانة دائرية طليت بالسُخام^٢ ، وذلك
بواسطة ابرة مثبتة على جسم يهتز تحت
تأثير الصوت ، فيحملها على خدش الاسطوانة
الدائرة . سنة ١٨٥٧ ، جعل عامل الطباعة
« سكوت دي مرتنفيل » الابرة مرتبطة



١. « شارل كروس » الشاعر ، والمستشرق ، وعالم الفيزياء والكيمياء .
٢. إديسن وفونوغرافه العامل على البطارية والمزود بسماعتين .
٣. أحد الأجهزة الأولى التي بناها إديسن .
٤. فونوغراف ذو اسطوانات انبويّة الشكل .

دون ان يتمكن من إعادة إخراجها .

اعتقد الشاعر « شارل كروس »
(١٨٤٢ - ١٨٨٨) ان هذا الجهاز صالح
للقيام بعمل معاكس ، وأوحت اليه عبقريته ،
عام ١٨٧٧ ، بمبدأ إعادة الأصوات إلى
الاسماع : لو جعلنا الإبرة تمر من جديد
في الاثلام^٢ التي حفرتها ، لأعاد الغشاء
المرتبط بها ، بأمانة ، الصوت والموسيقى
المسجلين . وأطلق « كروس » على جهازه
اسماً شعرياً فدعاه « باليوفون » (« صوت
الماضي ») ، ولكن أحد اصدقائه ، الأب
« لينوار » اقترح عليه اسم « فونوغراف » ،
وهو الاسم الذي سيبقى في النهاية . وصف
« كروس » الباليوفون وصفاً دقيقاً في رسالة
مختومة أودعها أكاديمية العلوم ، وتم
الاطلاع عليها في نهاية السنة عينها ؛ ولكن
احداً لم يُعبر الاختراع اهتماماً ، وكان
شارل كروس نفسه عاجزاً عن بناء الجهاز
الذي وضع تصميمه ، وذلك لضيق ذات
يده^٤ .

أما الاميركي « إديسن » ، فقد كان أوفر
حظاً ، فبنى الفونوغراف الأول سنة ١٨٧٨ .
إلا أن عملية التسجيل كانت تفرض على



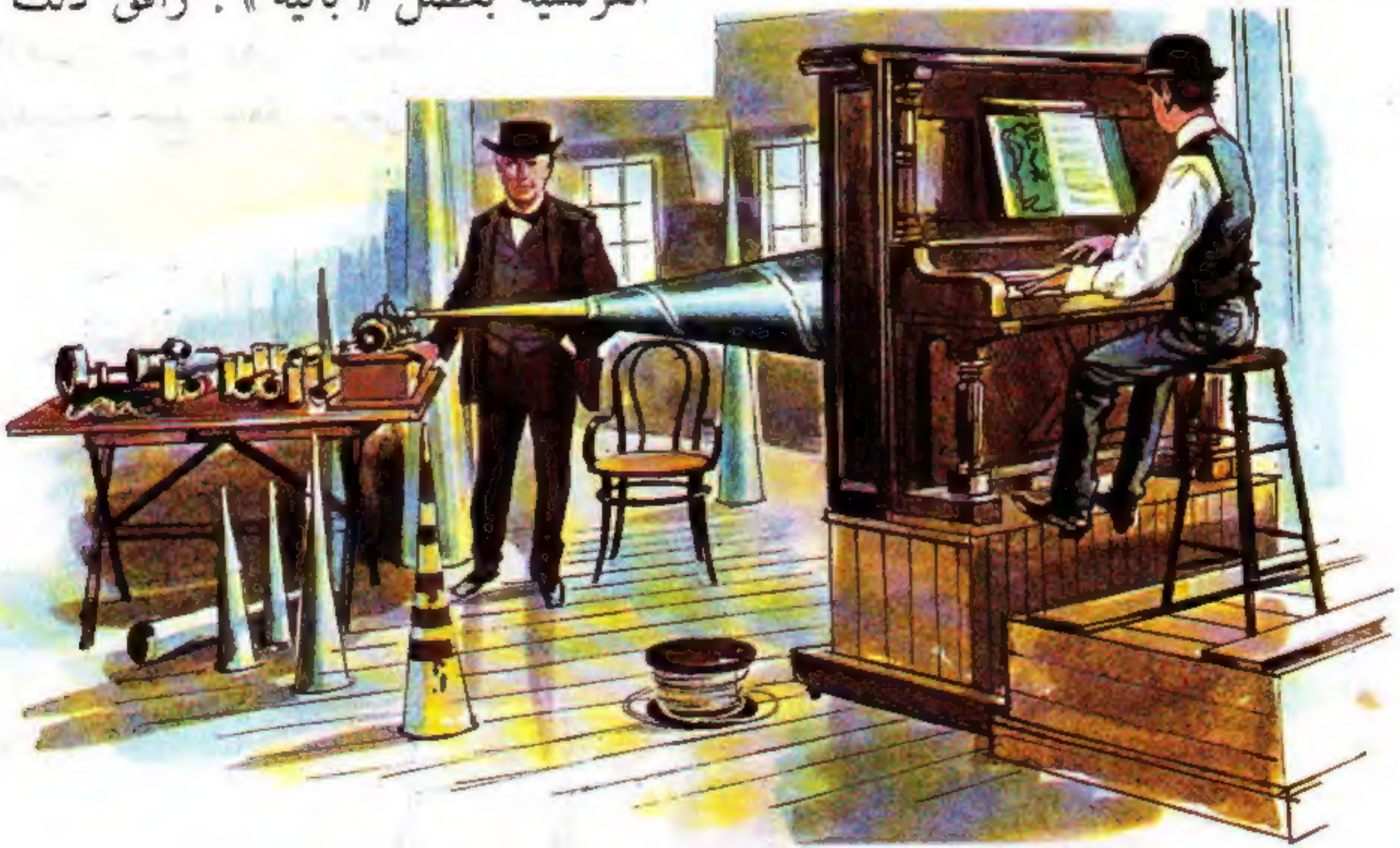
« فونوغراف باتيه » ذو الاسطوانة المسطحة والصيوان
الضخم المكبر للصوت (١٩١٠) . الى جانب الجهاز ،
العلبة الصغيرة التي تحوي الإبر الفولاذية التي كان ينبغي
تغييرها بعد كل سماع . صحيح ان خنّة كانت تشوب
الصوت المنبعث من الجهاز ، ولكن ألم يكن الجهاز عجيبياً ؟ !

بغشاء رقيق وتمكّن ، منذ ذاك الحين ،
بواسطة جهازه الذي أطلق عليه اسم
فونوتوغراف (الصوت الذاتي التسجيل) ،
من تسجيل الكلام والغناء والموسيقى ،

المتكلم أن يتكلم بقوة جعلت أعضاء
أكاديمية العلوم الاجلاء ، الذين عُرض
عليهم الفونوغراف في ١١ آذار ١٨٧٩ ،
يعتقدون أنهم موضوع خدعة ، بعدما
بُحت حناجرهم بالصراخ امام بوق التسجيل ،
وبقي بوق إنتاج الصوت صامتاً . ولكن
الجهاز عمل في النهاية ، فما كان من
احدهم ألا ان هتف قائلاً : « إنها لعبة
التكلم من البطن ! »

« يمكن اعتبار « أديسن » مرادفاً لفن
استغلال الاوهان^١ والعاهات^٢ . والواقع ان

« أديسون » ، لما أصيب بالصمم في سن
مبكرة ، عمل دون انقطاع على تطوير
معارفه السمعية ، رغبة في تطوير اختراعه .
فما حان موعد معرض ١٨٨٩ ، حتى كان
الفونوغراف الذي طوره وزوده بمحرك
كهربائي ، ومنظم ذي كُلل يؤمن له حركة
منتظمة ، موضوع احتفاء الجميع . وما
لبث ان انطلق الفونوغراف في حقلي
الصناعة والتجارة فخص احد المتاجر
الباريسية الكبرى الآلة الناطقة بجناح كامل ،
وراح المغنون والممثلون يسجلون الاسطوانات .
وتعتبر سنة ١٩٠٠ مُطلقاً لصناعة الفونوغراف
الفرنسية بفضل « باتيه » . رافق ذلك ظهور



غرفة التسجيل في مختبر اديسن ، في « أورانج » (نيوجرسي) سنة ١٩٠٥ .
كانت تُستعمل للتسجيل ابواق سمعية طويلة .

الاسطوانة المسطحة التي تمكننا من انتاجها بسهولة وعلى نسخ كثيرة ، بواسطة الضغط أو الصب ، فحلت محل الاسطوانة الشبيهة بالمرحلة التي اعتمدت أولاً .

تحققت في ذلك الحين تطورات وتحسينات كثيرة ، غير أنها بقيت بعيدة عن الكمال . ولم يتحقق هذا الكمال إلا في أيامنا ، بظهور الألفونوفون الذي يتم

التفسير

- ١- راود : تردد على باله .
- ٢- السخام : الفحم ، سواد القدر .
- ٣- الاثلام : الخطوط .
- ٤- ضيق ذات اليد : العوز ، قلة المال .
- ٥- الأوهان : جمع وهن : ضعف .
- ٦- العاهات : جمع عاهة : مرض ، فقدان حاسة ، نقص .

فيه احياء الأصوات بطريقة إلكتروميكانيكية ، تعتمد في الأساس جهازاً لإدارة الاسطوانة ، ومنمياً للتيار متصلاً بمكبر للصوت ، وجهازاً للقراءة مرهف الاحساس ، فكان اليك - أب . وأخيراً ظهرت الاسطوانة ذات الاثلام الدقيقة (MICROSILLON) التي توفر سماعاً متصلاً طويل الأمد .

الأسئلة

- ١- لمن تعود فكرة تسجيل الأصوات وحياتها ؟
- ٢- ماذا حقق «توماس يانغ» في هذا المضمار ؟
- ٣- ما التحسين الذي أدخله «سكوت» ؟
- ٤- ما كانت فكرة شارل كروس ؟ هل استطاع تنفيذها ؟
- ٥- ما فضل اديسون في هذا الاختراع ؟
- ٦- كيف تطورت الاسطوانة ؟
- ٧- ما هو الالفونوفون ، وممّ يتركب ؟
- ٨- هل تعرف طرقاً أخرى لتسجيل الاصوات وحياتها ؟ ما هي ؟



غرفة ستوديو تسجيل حديث ، بميكروفونها التقليدي .

ولادة حضارة

- ١ - من المجر المقطوع إلى مكائن الصناعة ذات الذاكرة • السيطرة على النار • ولادة الكتابة
- ٢ - الزجاج مادة شفافة • الدولاب جهاز نقل • طائرة الورق • أكثر من لعبة بسيطة
- ٣ - آلات قياس الوقت • الورق • مطية الفكر • الطرقات • سبل اتصال بين الشعوب
- ٤ - السيطرة على المعادن • المرأة • من دنيا التبرج إلى دنيا العلم • رهط ذاتيات التحكم
- ٥ - من النظارتين إلى المنظار إلى المقراب • السهم الناري يصبح آلة تحترق من الأرض • الصابون والظفات اللطيفة

التقنية تقوم بأولى تحدياتها الكبيرة

- ٦ - الطعنة المائية والطعنة الهوائية • البارود • الطباعة من عهد غوتنبرغ إلى ... غد
- ٧ - الأسلحة النارية عدة لهلاك • البوصلة • طرق الكنفين • في طقم الفرس • خلاص للمرهقين
- ٨ - "دولاب بسكال" هذا الآلات الحاسبة الإلكترونية • من المطلة إلى الديباجة • آلات إمداد الفراغ
- ٩ - التحكم على وسادة من الهواء • المجرى في سيطرته على المتأهلي الصفر • ميزان الضغط

من الحرف اليدوية إلى الصناعة

- ١٠ - الآلة البخارية • من المركب البخارية الأولى إلى السفن الحديثة • من "الصحافة" إلى "الصاعقة"
- ١١ - المروحة والنفث المداخلة • من عربة "كونيو" البخارية إلى ستاراتنا • غاز الإضاءة ...
- ١٢ - الآلات الإلكترونية • شاربي "فرنكلين" • من المنظار إلى البالونات الفضائية
- ١٣ - تلفراف "شاب" • من النسخ البدائي إلى نول المياكة • الزجاج الأول وذريته
- ١٤ - بطارية "فولتا" • عديدات الثقاب • السكة الحديدية والقاطرة البخارية
- ١٥ - "لينيك" و "الستينكوب" • علب المحفزات التي تعتمد بالمليارات • التربينات في العمل
- ١٦ - التلفراف الكهربائي مخترع ريتام ... آلة المياطة • عذبة التصوير تنفتح على كل شيء
- ١٧ - لوحة الألوان المركبة • المحرك المتغير يجرى ملايين السيارات • التبني المخدر

العالم يُبدل معالم وجهه

- ١٨ - الديناميت للسر والضرار • حفريات النفط • من الآلة الكاتبة إلى الطباعة الإلكترونية
- ١٩ - صناعة البذر • الدينامو مولد التيار والمحرك الكهربائي • من السيلولويد إلى اللدائن
- ٢٠ - الميكروفيلم يضع مكتبة في حقيبة • الكلام المنقول في سلك • التزام والقاطرة الكهربائية
- ٢١ - سلسلة البذر • أديسن والمصباح الكهربائي • من الفونوغراف الهادي إلى الإلكترونيات
- ٢٢ - مجرة الهواء وأجهزة المطاط • عصر المدير في البناء • انبوب أشعة إكس يقهر الكثافة
- ٢٣ - من الفيلستوكوب إلى السيناسكوب • تسجيل الأصوات والصور • وطواط يخفق بالأمال الرجبة
- ٢٤ - محرك ديزل يخرج من قذافة • الاتصالات البعيدة التي تنتقل على موجات اللايتر • البليستوغراف
- ٢٥ - زجاج لا يجرى • آلات توليد العواصف • الصور السريعة على الشاشة الصغيرة

من الذرة إلى الفضاء

- ٢٦ - اكتشاف الجزيئات الدقيقة • الرفعة الذرية • المجرى الإلكتروني عين قارة على روية الفيزياء
- ٢٧ - الرادار الساحر • من الأيمن القديم إلى أراج مصافي النفط العالية • المفاعل النووي
- ٢٨ - الترنزستور والترنستورات • الأجهزة الفضائية • الأفران التي تنزه فيها طاقة أشسن

أرسل القرن الثامن عشر علم الكهرباء ، وأطلق أول السفن البخارية ،
والمناطيد والقواصات الأولى ، وشاهد القرن التاسع عشر الثورة الصناعية
بفضل البخار والكهرباء والآلة ، فيما تكاثرت الاختراعات من كل نوع :
من القاطرة والسكة الحديدية الثقاب ، ومن التلفراف إلى التصوير
الشمسي ، ومن الدراجة إلى التربينات ...

